

P16950

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

COPY OF PAPERS  
ORIGINALLY FILED

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 6月16日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-181239

出 願 人

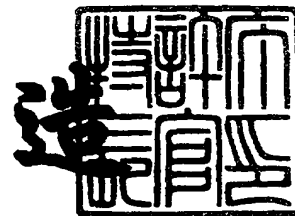
Applicant(s):

ヤマハ発動機株式会社

2001年 6月 5日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3052760

【書類名】 特許願

【整理番号】 P16950

【提出日】 平成12年 6月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H02K 1/27

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地 ヤマハ発動機株式会社  
内

【氏名】 内藤 真也

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地 ヤマハ発動機株式会社  
内

【氏名】 日野 陽至

【特許出願人】

【識別番号】 000010076

【氏名又は名称】 ヤマハ発動機株式会社

【代表者】 長谷川 武彦

【代理人】

【識別番号】 100066980

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 哲也

【選任した代理人】

【識別番号】 100075579

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 嘉昭

【選任した代理人】

【識別番号】 100103850

【弁理士】

【氏名又は名称】 崔 秀▲てつ▼

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001638

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9911475

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 永久磁石回転子及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ロータコアに永久磁石を埋設してなる永久磁石回転子において、前記永久磁石が埋設されるスリット部の長手方向両端部を、前記ロータコアの周面にて開口させるとともに、前記スリット部を境とした前記ロータコアの径方向外側部分と径方向内側部分とを連結するブリッジ部を、前記スリット部の長手方向両端部より長手方向中央側に入り込んだ位置に設けたことを特徴とする永久磁石回転子。

【請求項 2】 前記永久磁石を、前記永久磁石が埋設されるスリット部にボンド磁石を充填し固化させることにより形成される永久磁石とした請求項 1 記載の永久磁石回転子。

【請求項 3】 前記スリット部の内面に、固化したときの前記ボンド磁石と強固に結合する凸部又は凹部を形成した請求項 2 記載の永久磁石回転子。

【請求項 4】 前記ブリッジ部を、前記永久磁石の着磁方向に対して傾けた請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の永久磁石回転子。

【請求項 5】 ロータコアに永久磁石を埋設してなる永久磁石回転子において、前記永久磁石を、前記永久磁石が埋設されるスリット部にボンド磁石を充填し固化させることにより形成される永久磁石とするとともに、前記スリット部の内面に、固化したときの前記ボンド磁石と強固に結合する凸部又は凹部を形成したことを特徴とする永久磁石回転子。

【請求項 6】 ロータコアに永久磁石を埋設してなる永久磁石回転子において、前記永久磁石が埋設されるスリット部を境とした前記ロータコアの径方向外側部分と径方向内側部分とを連結するブリッジ部を、前記永久磁石の着磁方向に対して傾けたことを特徴とする永久磁石回転子。

【請求項 7】 ロータコアに永久磁石を埋設してなる永久磁石回転子の製造方法において、前記永久磁石が埋設されるスリット部の長手方向両端部を、前記ロータコアの周面にて開口させるとともに、前記スリット部の前記開口部を利用して前記ロータコアの回転方向位置を固定した状態で処理を行う工程を備えたこ

とを特徴とする永久磁石回転子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明は、永久磁石式電動機や永久磁石式発電機等の回転電機（ロータ回転型及びコイル回転型のいずれも含む）を構成する永久磁石回転子及びその製造方法に関し、特に、磁石埋設型の永久磁石回転子において、リラクタンストルクの有効利用、および永久磁石による磁束がステータ側に行かずロータ内のブリッジを通してループを形成する漏れ磁束の低減等が図られるようにしたものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来の磁石埋設型の永久磁石回転子としては、例えば、特開平 1 1 - 2 6 2 2 0 5 号公報や特開平 1 1 - 2 0 6 0 7 5 号公報等の開示されたものあり、これら公報に開示された永久磁石回転子は、図 7 にその端面方向から見た形状を一極分だけ示すように、ロータコア 1 に複数のスリット部 2 A、2 B、2 C が多層に形成されている。各スリット部 2 A ~ 2 C は、その端面形状が、長手方向両端部がロータコア 1 の外周面近傍に位置し且つ長手方向中央部が端部よりもロータコア 1 の中心軸側に入り込んだ円弧形状となっていて、その端面形状と同形状がロータコア 1 の軸方向（図 7 に直交する方向）に連続してロータコア 1 の逆方向端面にまで至っている。

【0 0 0 3】

そして、各スリット部 2 A ~ 2 C 内にボンド磁石（プラスチックマグネット）を充填し（或いは、磁場中で充填し）固化させる（つまり、射出成形する）ことにより、若しくは、各スリット部 2 A ~ 2 C の形状に研削された永久磁石をそれらスリット部 2 A ~ 2 C に嵌め込むことにより、ロータコア 1 に永久磁石が埋設された永久磁石回転子 1 0 を構成することができる。

【0 0 0 4】

さらに、図 7 に示した永久磁石回転子 1 0 では、スリット部 2 A ~ 2 C によってロータコア 1 の径方向外側部分（外周面側部分）と径方向内側部分（中心軸側

部分) とが完全に分離されないようにするために、スリット部 2 A ～ 2 C の長手方向両端部 (永久磁石回転子 1 外周面に近接した部分) とロータコア 1 外周面との間に肉厚を残して、ブリッジ部 3 を形成するようにしている。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、本発明者等の鋭意研究によれば、上記従来の永久磁石回転子 1 0 にあっては、ブリッジ部 3 をスリット部 2 A ～ 2 C のロータコア 1 外周面側端部に形成する構成であったため、ブリッジ部 3 によって漏れ磁束が発生し、その分、永久磁石を有効に活用できない、という問題点があることが判った。図 8 は、永久磁石回転子 1 0 及び固定子極歯 2 0 に発生する磁束を破線で示したものであるが、ブリッジ部 3 を通じて漏れ磁束 S F が生じている様子が判る。

【 0 0 0 6 】

さらに、ブリッジ部 3 における漏れ磁束 S F の影響により、図 8 中 A 部のように磁束が周囲よりも高密度になる部分が生じることにより、q 軸磁束  $\Phi_q$  の磁路の磁気抵抗が増大し、リラクタンストルクを低下させる要因ともなっていた。

ここで、モータが発生するトルクは、次式で与えられる。

$$T = P_n \cdot \phi_a \cdot i_q + P_n (L_d - L_q) i_d \cdot i_q \quad \dots\dots (1)$$

ただし、 $L_d$ 、 $L_q$  は巻き線の d 軸、q 軸インダクタンス、 $i_d$ 、 $i_q$  は電機子電流の d 軸、q 軸成分、 $\phi_a$  は永久磁石による電機子巻き線鎖交磁束、 $P_n$  は極対数である。

【 0 0 0 7 】

そして、d 軸方向とは、磁極中心とロータ中心とを結ぶ方向であり、q 軸方向とは、磁極間とロータ中心とを結ぶ方向、即ち、d 軸に対して電気角で 90 度回転した方向である。

上記 (1) 式の右辺第 1 項は、永久磁石によるトルク、第 2 項はリラクタンストルクである。

【 0 0 0 8 】

図 9、1 0 は、上記従来の永久磁石回転子 1 0 を端面方向から見た形状を示しており、d 軸、q 軸方向を図示している。図中の破線は、図 9 では  $i_q$  によって

生じる  $q$  軸磁束  $\Phi_q (= L_q \cdot i_q)$ 、図 10 では  $i_d$  によって生じる  $d$  軸磁束  $\Phi_d (= L_d \cdot i_d)$  の方向をそれぞれ示している。

磁石埋設型の永久磁石回転子においては、 $d$  軸磁束  $\Phi_d$  の磁路に、磁氣的にはエアギャップと等価な永久磁石があり、 $d$  軸インダクタンス  $L_d$  は小さい。これに対し、 $q$  軸磁束  $\Phi_q$  の磁路は、ロータコア 1 を通るため、 $q$  軸インダクタンス  $L_q$  は大きい（つまり、磁気抵抗は小さい）。このため、 $L_d < L_q$  となり、適当な  $i_d$ 、 $i_q$  を流すことにより、リラクタンストルク  $(L_d - L_q) i_d i_q$  が発生する。

【0009】

ブリッジ部 3 における高磁束密度部分は、 $\Phi_q$  の磁路を狭め、 $q$  軸磁路の磁気抵抗を増大させるから、リラクタンストルクを低下させる要因となる。

本発明は、このような従来の永久磁石回転子が有する未解決の課題に着目してなされたものであって、埋設される永久磁石を有効に活用することができ、また、リラクタンストルクを有効利用できる永久磁石回転子並びにかかる永久磁石回転子の好適な製造方法を提供することを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項 1 に係る発明は、ロータコアに永久磁石を埋設してなる永久磁石回転子において、前記永久磁石が埋設されるスリット部の長手方向両端部を、前記ロータコアの周面に開口させるとともに、前記スリット部を境とした前記ロータコアの径方向外側部分と径方向内側部分とを連結するブリッジ部を、前記スリット部の長手方向両端部より長手方向中央側に入り込んだ位置に設けた。

【0011】

また、請求項 2 に係る発明は、上記請求項 1 に係る発明である永久磁石回転子において、前記永久磁石を、前記永久磁石が埋設されるスリット部にボンド磁石を充填し固化させることにより形成される永久磁石とした。

そして、請求項 3 に係る発明は、上記請求項 2 に係る発明である永久磁石回転子において、前記スリット部の内面に、固化したときの前記ボンド磁石と強固に

結合する凸部又は凹部を形成した。

【 0 0 1 2 】

請求項 4 に係る発明は、上記請求項 1 ～ 3 に係る発明である永久磁石回転子において、前記ブリッジ部を、前記永久磁石の着磁方向に対して傾けた。

一方、請求項 5 に係る発明は、ロータコアに永久磁石を埋設してなる永久磁石回転子において、前記永久磁石を、前記永久磁石が埋設されるスリット部にボンド磁石を充填し固化させることにより形成される永久磁石とするとともに、前記スリット部の内面に、固化したときの前記ボンド磁石と強固に結合する凸部又は凹部を形成した。

【 0 0 1 3 】

さらに、請求項 6 に係る発明は、ロータコアに永久磁石を埋設してなる永久磁石回転子において、前記永久磁石が埋設されるスリット部を境とした前記ロータコアの径方向外側部分と径方向内側部分とを連結するブリッジ部を、前記永久磁石の着磁方向に対して傾けた。

そして、請求項 7 に係る発明は、ロータコアに永久磁石を埋設してなる永久磁石回転子の製造方法において、前記永久磁石が埋設されるスリット部の長手方向両端部を、前記ロータコアの周面にて開口させるとともに、前記スリット部の前記開口部を利用して前記ロータコアの回転方向位置を固定した状態で処理を行う工程を備えた。

【 0 0 1 4 】

ここで、請求項 1 に係る発明にあっては、ブリッジ部が、スリット部の長手方向両端部ではなく、長手方向中央側に入り込んだ位置に形成しているのでブリッジの両側から漏れ磁束が発生しているため、この漏れ磁束によってスリット間の磁路を狭めている高磁束密度領域が低減される。その結果、ローコアにおける  $q$  軸磁束  $\Phi_q$  の磁路の磁気抵抗の増大が防がれ、リラクタンストルクを有効に利用することができる。

【 0 0 1 5 】

請求項 2 に係る発明にあっては、ボンド磁石を利用して永久磁石を射出成形するようにしたため、スリット形状が多少複雑でもロータコアに永久磁石を埋設す



ることが可能である。なお、ボンド磁石を利用した射出成形は、ボンド磁石をスリット部に充填し固化させる通常の射出成形であってもよいし、或いは、ボンド磁石が異方性磁石の場合には、磁場内においてボンド磁石をスリット部に充填し固化させる磁場中射出成形であってもよい。

【 0 0 1 6 】

さらに、請求項 3 に係る発明にあつては、スリット部の内面に凸部又は凹部を設けてボンド磁石とスリット部内面との結合を強固にしたため、スリット部を境としたロータコアの径方向外側部分と径方向内側部分との間の結合が、ボンド磁石を介してより強固になるから、それだけ堅牢なロータコアとなる。

そして、請求項 4 に係る発明にあつては、ブリッジ部を永久磁石の着磁方向に対して傾斜させているから、ブリッジ部の強度を落とさなくてもブリッジ部における磁気抵抗が大きくなり、その分漏れ磁束が減少し、磁石の利用効率が向上するようになる。

【 0 0 1 7 】

一方、請求項 5 に係る発明にあつても、請求項 3 に係る発明と同様に、スリット部を境としたロータコアの径方向外側部分と径方向内側部分との間の結合が、ボンド磁石を介してより強固になるから、それだけ堅牢なロータコアとなる。

また、請求項 6 に係る発明にあつても、請求項 4 に係る発明と同様に、ブリッジ部の強度を落とさなくてもブリッジ部における磁気抵抗が大きくなり、その分漏れ磁束が減少し、磁石の利用効率が向上するようになる。

【 0 0 1 8 】

さらに、請求項 7 に係る発明にあつては、スリット部のロータコア周面における開口部を利用して、ロータコアの回転方向位置を固定した状態で処理を行うため、回転方向位置を固定するためのロータコアへの工夫を別途設ける必要がない。なお、ロータコアの回転方向位置を固定した状態で行う処理としては、例えば、スリット部へのボンド磁石の充填処理や、その充填されたボンド磁石への着磁処理等がある。

【 0 0 1 9 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態を示す図であって、インナーロータ型の永久磁石式電動機等に用いられる永久磁石回転子 1 0 を端面方向から見た形状を、一極分だけ示している。

【 0 0 2 0 】

即ち、永久磁石回転子 1 0 は、円形に打ち抜かれた薄板を多数張り合わせて円柱形状としたロータコア 1 1 を有しており、ロータコア 1 1 の中心部分には、図示しない回転軸が同軸に挿入される軸孔 1 1 a が形成されている。

そして、ロータコア 1 1 には、軸孔 1 1 a 側に凸の円弧状であるスリット部 1 2 A、1 2 B 及び 1 2 C が、ロータコア 1 1 の両端面間を貫通するように形成されている。各スリット部 1 2 A～1 2 C は、ロータコア 1 1 径方向外側のスリット部 1 2 A が小径の円弧で、同径方向内側のスリット部 1 2 C が大径の円弧で、それらの間のスリット部 1 2 B は中程度の径の円弧であって、互いに同心に並べられた配置となっている。

【 0 0 2 1 】

また、各スリット部 1 2 A～1 2 C は、端面形状で長手方向の両端部が、ロータコア 1 1 の外周面にて開口している。従って、ロータコア 1 1 は、各スリット部 1 2 A～1 2 C を境として、径方向外側部分と径方向内側部分とが分離されることとなる。そこで、本実施の形態では、各スリット部 1 2 A～1 2 C の端面形状で長手方向の中央部に、径方向外側部分と径方向内側部分とを連結する幅の狭いブリッジ部 1 3 A、1 3 B 及び 1 3 C を、ロータコア 1 1 を形成する薄板を打ち抜く際に残すようにしている。より具体的には、各ブリッジ部 1 3 A～1 3 C は、ロータコア 1 1 の同一半径に沿って延びるように、各スリット部 1 2 A～1 2 C の長手方向中央部に一つずつ設けられていて、それらブリッジ部 1 3 A～1 3 C によって、各スリット部 1 2 A～1 2 C を境としたロータコア 1 1 の径方向外側部分と径方向内側部分とが分離されないようになっている。つまり、スリット部 1 2 A を境としたロータコア 1 1 の径方向外側部分 1 1 A は、ブリッジ部 1 3 A を介して径方向内側部分に連結されており、スリット部 1 2 B を境としたロータコア 1 1 の径方向外側部分 1 1 B は、ブリッジ部 1 3 B を介して径方向内側

部分に連結されており、スリット部 1 2 C を境としたロータコア 1 1 の径方向外側部分 1 1 C は、ブリッジ部 1 3 C を介してロータコア 1 1 の径方向内側部分に接続されている。

#### 【 0 0 2 2 】

そして、各スリット部 1 2 A ～ 1 2 C には、スリット部 1 2 A ～ 1 2 C の端面形状で厚さ方向に着磁された永久磁石 PM が埋設されている。永久磁石 PM は、ボンド磁石をスリット部 1 2 A ～ 1 2 C に充填し固化させ、その後着磁することにより形成することができる。小型で且つ強い永久磁石 PM とするためには、異方性のボンド磁石を用い、それを磁場中射出成形して永久磁石 PM を形成すればよい。

#### 【 0 0 2 3 】

図 2 は、電動機に組み込んだ状態で永久磁石回転子 1 0 及び固定子極歯 2 0 に発生する磁束を破線で示した図であり、従来の技術で説明した図 8 に対応するものである。

即ち、本実施の形態の永久磁石回転子 1 0 にあっては、スリット部 1 2 A ～ 1 2 C の長手方向両端部をロータコア 1 1 の外周面に開口させ、ブリッジ部 1 3 A ～ 1 3 C を各スリット部 1 2 A ～ 1 2 C の長手方向中央部に設けることにより、図 2 の B 部のようにブリッジの両側の磁路から漏れ磁束が発生しているため、この漏れ磁束 S F によってスリット間の磁束  $\Phi_q$  の磁路を狭めている高磁束密度領域が低減される。その結果、ロータコア 1 1 の q 軸磁束  $\Phi_q$  の磁路の磁気抵抗増大を防ぎリラクタンストルクを有効に利用することができる。かかる利点は、スリット数が多い（つまり多層）の場合に特に有益である。さらに、永久磁石回転子 1 0 の外周面近傍に高磁束密度領域が形成されないため、永久磁石による固定子側への流れを妨げることがない。また、永久磁石回転子 1 0 の外周面近傍は固定子と回転子の相対位置による影響により磁束分布変化が大きく、この領域に高磁束密度分布が無くなることで鉄損を低減することができる。

#### 【 0 0 2 4 】

また、本実施の形態では、各スリット部 1 2 A ～ 1 2 C に上記のようにブリッジ部 1 3 A ～ 1 3 C を設けているため、図 7 に示したようにスリット部の長手方

向両端部にブリッジ部 3 を設けていた従来の永久磁石回転子 1 0 に比べて、ブリッジ部を通る漏れ磁束を減少させることができ、それだけ永久磁石 PM を有効利用することができる。かかる利点は、弱い永久磁石 PM を利用する永久磁石回転子 1 0 にとっては特に有益である。

#### 【 0 0 2 5 】

また、本実施の形態では、各スリット部 1 2 A ~ 1 2 C に一つずつブリッジ部 1 3 A ~ 1 3 C を設けているが、複数としてもよく、その場合は、ブリッジ幅の総和が一つずつの場合のブリッジ幅と等しくなるようにすればよい。このようにブリッジ部を複数とすることで漏れ磁束を分散させることができるので、ロータコア 1 1 の長手方向の磁気抵抗の増加をさらに抑えることができる。

#### 【 0 0 2 6 】

さらに、本実施の形態では、各ブリッジ部 1 3 A ~ 1 3 C をスリット部 1 2 A ~ 1 2 C の長手方向中央部に設けているから、各径方向外側部分 1 1 A ~ 1 1 C は、そのブリッジ部 1 3 A ~ 1 3 C を中心として左右の質量が釣り合っている。このため、永久磁石回転子 1 0 の回転中に発生する遠心力がそれら径方向外側部分 1 1 A ~ 1 1 C に作用しても、ブリッジ部 1 3 A ~ 1 3 C を屈曲させるようなモーメントは発生しない（発生しても極小さくて済む）から、各スリット部 1 2 A ~ 1 2 C に一つずつブリッジ部 1 3 A ~ 1 3 C を設けた本実施の形態の構成であっても、ロータコア 1 1 が破損する可能性を大幅に増大させるようなことはない。

#### 【 0 0 2 7 】

図 3 は、本実施の形態で示したような永久磁石回転子 1 0 の製造過程の一工程で用いられる射出成形金型 3 0 の主要部の平面図である。この射出成形金型 3 0 は、ロータコア 1 1 の各スリット部 1 2 A ~ 1 2 C に異方性のボンド磁石を磁場中射出成形する工程で用いられる円筒形状の金型であって、その中心に、ロータコア 1 1 の軸孔 1 1 a に挿入される支持軸 3 1 を有し、その支持軸 3 1 を同軸に包囲するように、スリーブ 3 2 が配設されている。スリーブ 3 2 の外周面は、配向磁場を形成する永久磁石 3 4 及びヨーク 3 5 で包囲されており、それら永久磁石 3 4 及びヨーク 3 5 は、周方向に等間隔に交互配置されている。さらに、スリ

ーブ 3 2 は、その内周面に、ロータコア 1 1 の各スリット部 1 2 A ~ 1 2 C の長手方向両端部に浅く入り込む複数の凸部 3 3 を有している。なお、凸部 3 3 は、実際には、各スリット部 1 2 A ~ 1 2 C の形状に合わせて軸方向（図 3 に直交する方向）に長い凸条であり、その形成位置は、ロータコア 1 1 に形成されたスリット部 1 2 A ~ 1 2 C の長手方向両端部の位置関係と、配向用の永久磁石 3 2 の配置関係とに応じて、適宜決定される。

## 【 0 0 2 8 】

そして、この射出成形金型 3 0 を利用してロータコア 1 1 にボンド磁石を注入する際には、スリット部 1 2 A ~ 1 2 C の長手方向両端部を凸部 3 3 に沿わせつつ、ロータコア 1 1 の軸孔 1 1 a に支持軸 3 1 を挿入して射出成形金型 3 0 内にロータコア 1 1 全体を押し込む。つまり、スリット部 1 2 A ~ 1 2 C の長手方向両端部を凸部 3 3 に合わせるだけで、射出成形金型 3 0 内におけるロータコア 1 1 の回転方向の位置決めを行うことができる。

## 【 0 0 2 9 】

しかも、射出成形金型 3 0 内にロータコア 1 1 を挿入している状況では、配向磁場によるリラクタンストルクによってロータコア 1 1 が回転しようとするが、凸部 3 3 がスリット部 1 2 A ~ 1 2 C の長手方向両端部に浅く入り込んでいるから、リラクタンストルクによってロータコア 1 1 が射出成形金型 3 0 内で回転してしまうようなこともない。

## 【 0 0 3 0 】

さらに、凸部 3 3 がスリット部 1 2 A ~ 1 2 C の長手方向両端部に浅く入り込んでいれば、各スリット部 1 2 A ~ 1 2 C に一つずつブリッジ部 1 3 A ~ 1 3 C を設けた本実施の形態の構成であっても、射出成形時の射出圧によってブリッジ部 1 3 A ~ 1 3 C が屈曲しつつ径方向外側部分 1 1 A ~ 1 1 C の位置がずれてしまうようなことを防止できるという利点もある。

## 【 0 0 3 1 】

なお、射出成形金型 3 0 のスリーブ 3 2 内周面に凸部 3 3 を設けているため、これを利用して製造された永久磁石回転子 1 0 にあっては、図 4 に示すように、各スリット部 1 2 A ~ 1 2 C の長手方向両端部には、凸部 3 3 の厚さの分だけ永

久磁石PMが削れたような部位が形成されるが、凸部33の厚みを極薄くしておけば永久磁石回転子10の性能としては特に問題は生じない。

#### 【0032】

図5(a)～(d)は、本発明の第2の実施の形態を示す図である。なお、上記第1の実施の形態と同じ部材及び部位には同じ符号を付し、その重複する説明は省略する。

即ち、図5(a)の実施の形態では、スリット部12A及び12Bの長手方向両端部にブリッジ部3を形成するとともに、スリット部12A及び12Bの長手方向中央部等にはブリッジ部は形成してない。つまり、ブリッジ部3の形成位置に関しては、図7に示した永久磁石回転子10と同じである。そして、この図5(a)の実施の形態にあっては、各スリット部12A及び12Bの内面に、複数の凸部14を設けている。各凸部14は、ロータコア11の軸方向(図5に直交する方向)に長い凸条であって、相互に適当に間隔を開けて各スリット部12A及び12Bの内面に配置されている。さらに、各凸部14の横断面形状は、スリット部12A及び12Bの内面から離れるに従って徐々に幅広となる三角形状となっていて、これにより、ボンド磁石を射出成形すると、各凸部14が永久磁石PMに食い込むことになるから、スリット部12A及び12B内面とこれに埋設される永久磁石PMとが強固に結合するようになっている。

#### 【0033】

このため、スリット部12Aを境としたロータコア11の径方向外側部分11Aと径方向内側部分とは、ブリッジ部3のみならず、スリット部12A内の永久磁石PMを介しても強固に結合することになるし、スリット部12Bを境としたロータコア11の径方向外側部分11Bと径方向内側部分とは、ブリッジ部3のみならず、スリット部12B内の永久磁石PMを介しても強固に結合することになる。このため、ロータコア11がより堅牢になり、高速回転中の遠心力による大きなラジアル力に対して強くなる。換言すれば、凸部14を設けたことにより堅牢になった分、ブリッジ部3の肉厚を薄くすることができるから、それだけ漏れ磁束を低減することができ、永久磁石PMの有効利用が図られる。

#### 【0034】

図 5 (b) の実施の形態は、図 5 (a) と略同様の構成であり、異なるのは、凸部 1 4 に代えて凹部 1 5 を設けた点である。凹部 1 5 は、ロータコア 1 1 の軸方向 (図 5 に直交する方向) に長い溝状の凹部であって、相互に適当に間隔を開けて各スリット部 1 2 A 及び 1 2 B の内面に配置されている。さらに、各凹部 1 5 の横断面形状は、スリット部 1 2 A 及び 1 2 B の内面よりも深い方が幅広となる三角形状となっていて、これにより、ボンド磁石を射出成形すると、各凸部 1 5 内に久磁石 PM が入り込むことになるから、スリット部 1 2 A 及び 1 2 B 内面とこれに埋設される永久磁石 PM とが強固に結合する。よって、図 5 (a) と同様の作用効果が得られる。

## 【 0 0 3 5 】

図 5 (c) の実施の形態は、図 5 (a) に近い構成であり、異なるのは、凸部 1 4 の個数を増やすとともに、ブリッジ部 3 を省略した点である。つまり、凸部 1 4 の個数を増やすことにより、スリット部 1 2 A 及び 1 2 B 内面とこれに埋設される永久磁石 PM との結合をより強固にした上で、ブリッジ部 3 を省略したものである。このような構成であれば、漏れ磁束を皆無又は極少なくすることができから、永久磁石 PM のさらなる有効利用が図られる。

## 【 0 0 3 6 】

図 5 (d) の実施の形態は、図 5 (c) と略同様の構成であり、異なるのは、各スリット部 1 2 A 及び 1 2 B の長手方向中央部にブリッジ部 1 3 A、1 3 B を設けた点であり、このような構成とすれば、リラクタンストルクを有効に利用しつつ、ラジアル方向の力に対する耐力をさらに向上させることができる。

図 6 (a) ～ (c) は、本発明の第 3 の実施の形態を示す図である。なお、上記第 1 の実施の形態と同じ部材及び部位には同じ符号を付し、その重複する説明は省略する。

## 【 0 0 3 7 】

即ち、この第 3 の実施の形態にあっても、永久磁石回転子 1 0 は上記第 1 の実施の形態と略同様の構成を備えており、異なるのは、ブリッジ部 1 3 A ～ 1 3 C を、永久磁石 PM の着磁方向に対して傾斜させた点である。

つまり、図 6 (a) の例では、各ブリッジ部 1 3 A ～ 1 3 C を永久磁石 PM の

厚み方向に対して斜めの方向に延びる形状としている。ただし、図 6 (a) の例では、中央のブリッジ部 1 3 B と、その両側のブリッジ部 1 3 A、1 3 C とで、傾斜の方向を異ならせている。また、図 6 (b) の例では、各ブリッジ部 1 3 A ～ 1 3 C をクランク形状としている。そして、図 6 (c) の例では、各ブリッジ部 1 3 A ～ 1 3 C をく字状としている。ただし、図 6 (c) の例では、中央のブリッジ部 1 3 B と、その両側のブリッジ部 1 3 A、1 3 C とで、く字を逆向きにしている。

#### 【 0 0 3 8 】

このような構成であれば、各ブリッジ部 1 3 A ～ 1 3 C は着磁の方向に対して傾斜した部分を有することでブリッジの長さが長くなり、ブリッジ部 1 3 A ～ 1 3 C の強度を落とすことなくその磁気抵抗が増し、漏れ磁束を低減することができ、永久磁石 PM の有効利用を図ることができる。

なお、上記実施の形態では、スリット部 1 2 A ～ 1 2 B を軸孔 1 1 a 側に凸の円弧形状としているが、本発明においてスリット部 1 2 A ～ 1 2 B の形状はこれに限定されるものではなく、例えば端面形状が長方形であってもよい。

#### 【 0 0 3 9 】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 に係る発明によれば、ブリッジ部を、スリット部の長手方向両端部より長手方向中央側に入り込んだ位置に形成したため、漏れ磁束による高磁束密度領域を低減でき、ローコアにおける q 軸磁束  $\Phi_q$  の磁路の磁気抵抗の増大が防がれ、リラクタンストルクを有効に利用することができるという効果がある。

#### 【 0 0 4 0 】

そして、請求項 3、5 に係る発明によれば、スリット部の内面に凸部又は凹部を設けてボンド磁石とスリット部内面との結合を強固にしたため、スリット部を境としたロータコアの径方向外側部分と径方向内側部分との間の結合が、ボンド磁石を介してより強固になりそれだけ堅牢なロータコアとなるから、高速回転中の遠心力による大きなラジアル力に対して強くなるという効果がある。

#### 【 0 0 4 1 】



さらに、請求項 4、6 に係る発明によれば、ブリッジ部を永久磁石の着磁方向に対して傾斜させているから、ブリッジ部の強度を落とさなくてもブリッジ部における磁気抵抗が大きくなり、その分漏れ磁束が減少し、磁石の利用効率が向上するようになるという効果がある。

そして、請求項 7 に係る発明によれば、スリット部のロータコア周面における開口部を利用してロータコアの回転方向位置を固定した状態で処理を行うようにしたため、回転方向位置を固定するためのロータコアへの工夫を別途設ける必要がないという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態の構成を示す図である。

【図 2】

第 1 の実施の形態の効果を説明するための磁束分布を表す図である。

【図 3】

永久磁石回転子用の射出成形金型の一例を示す図である。

【図 4】

図 3 の射出成形金型を用いて製造された永久磁石回転子の正面図である。

【図 5】

本発明の第 2 の実施の形態の構成を示す図である。

【図 6】

本発明の第 3 の実施の形態の構成を示す図である。

【図 7】

従来の永久磁石回転子の構成を示す図である。

【図 8】

従来の永久磁石回転子における磁束分布を表す図である。

【図 9】

q 軸磁束の説明図である。

【図 1 0】

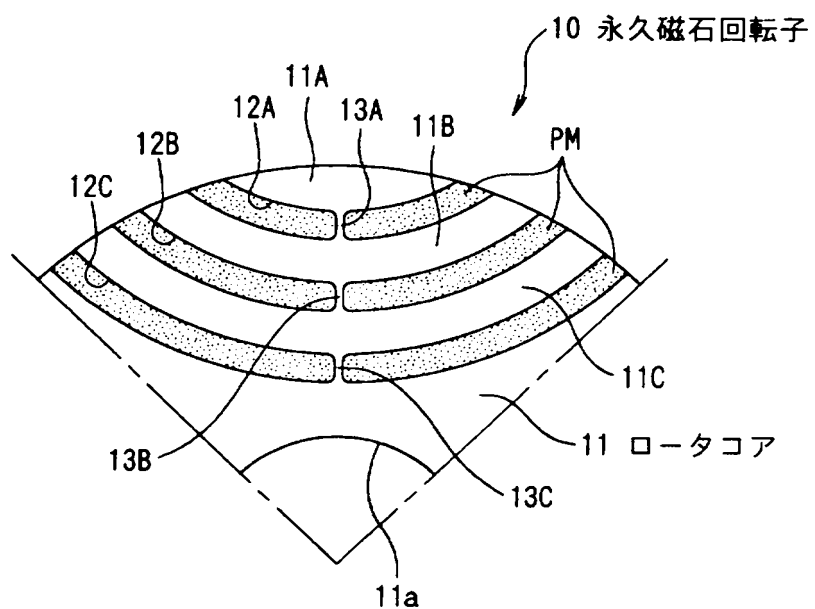
d 軸磁束の説明図である。

【符号の説明】

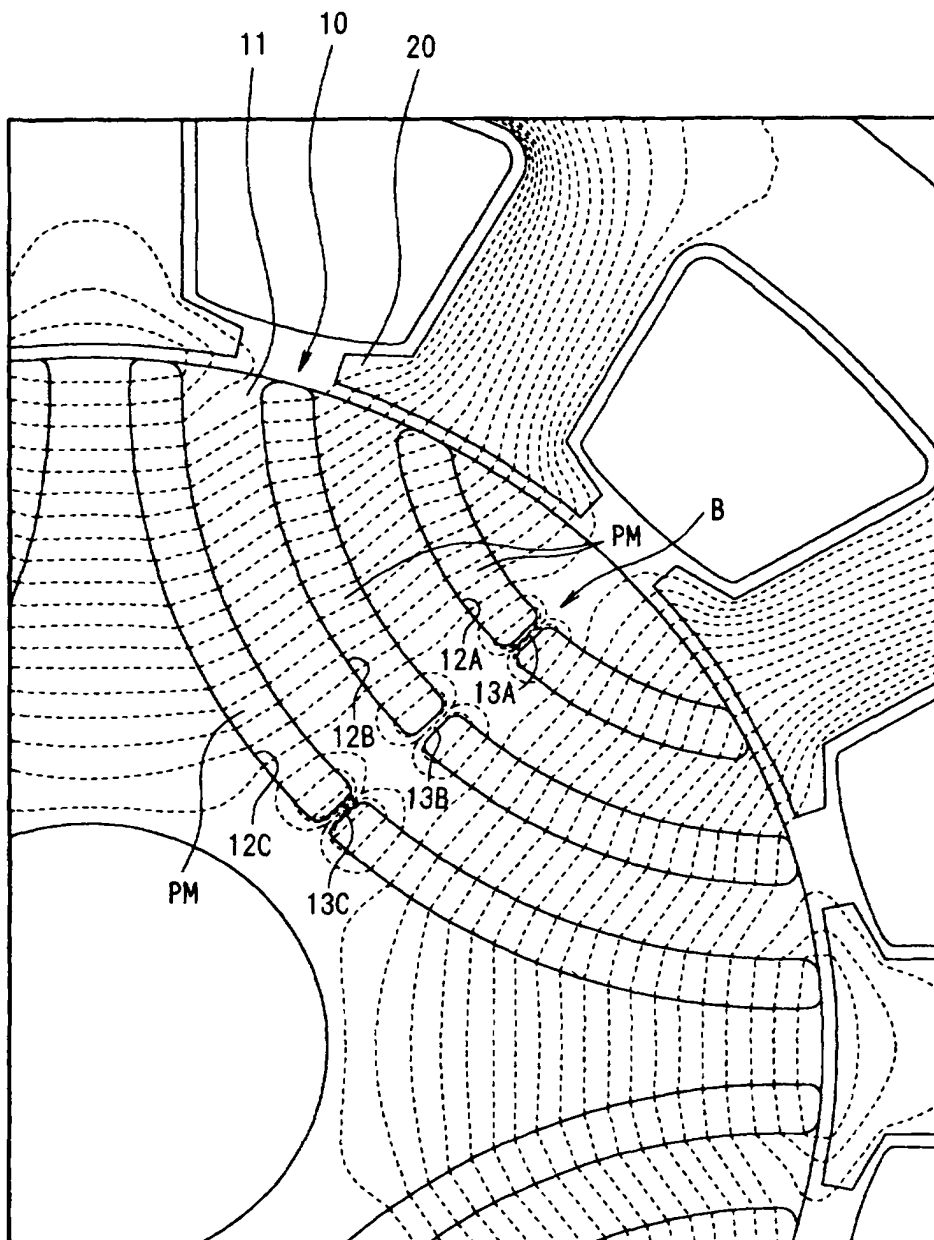
1 0	永久磁石回転子
1 1	ロータコア
1 1 A ~ 1 1 C	径方向外側部分
1 2 A ~ 1 2 C	スリット部
1 3 A ~ 1 3 C	ブリッジ部
1 4	凸部
1 5	凹部
2 0	固定子極歯
3 0	射出成形金型
PM	永久磁石

【書類名】 図面

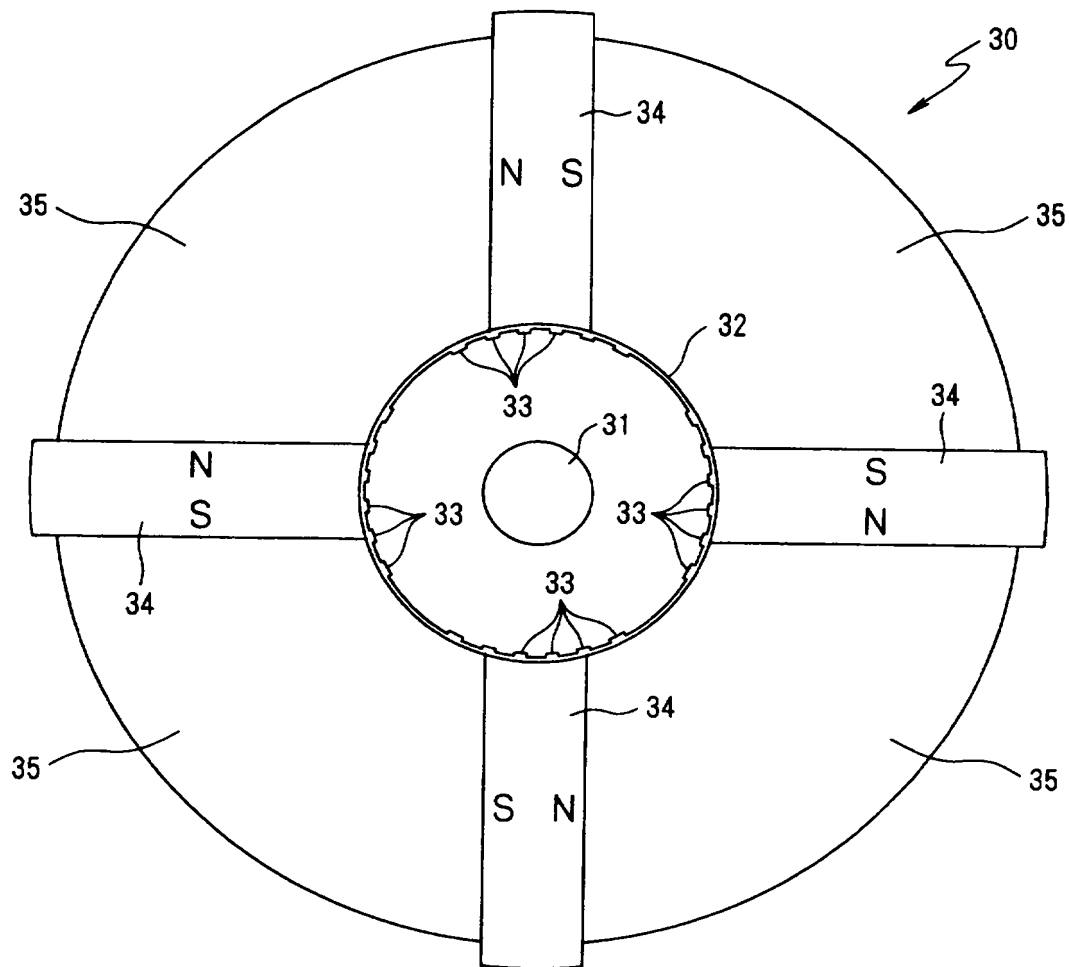
【図 1】



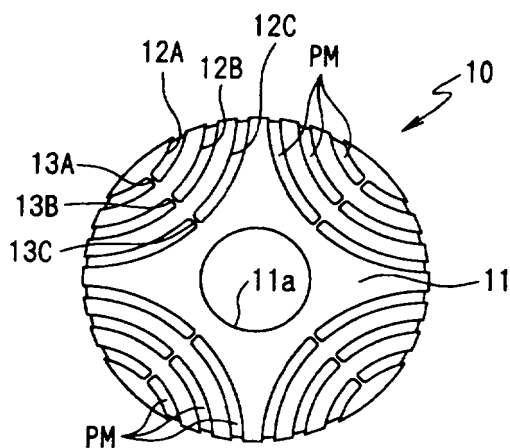
【図 2】



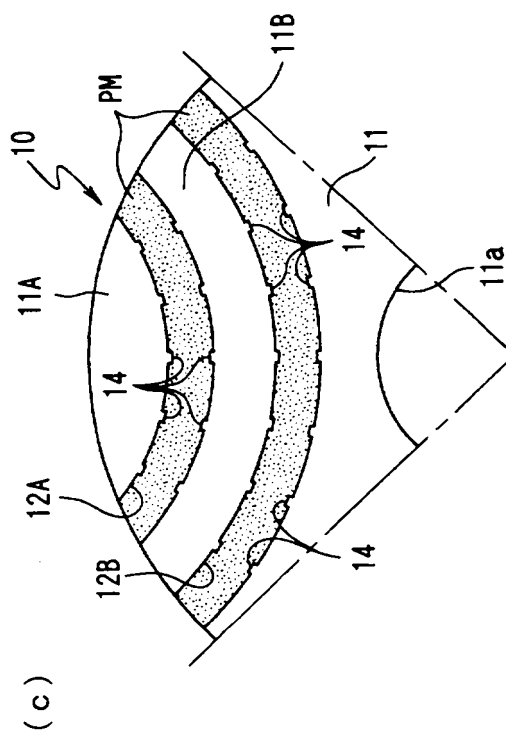
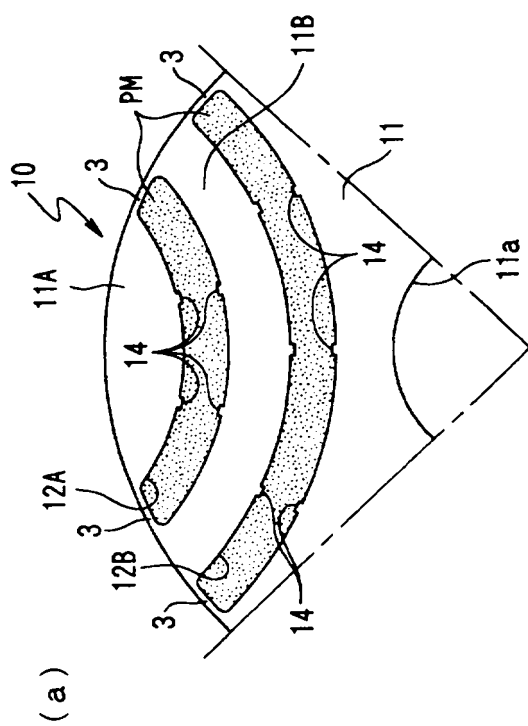
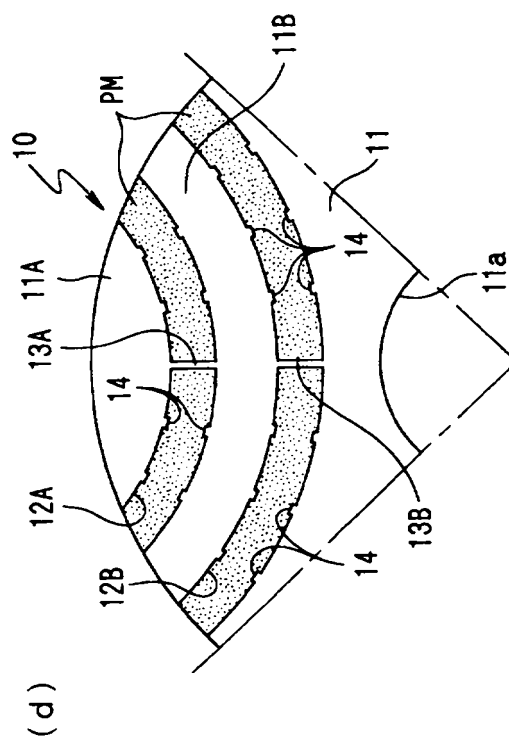
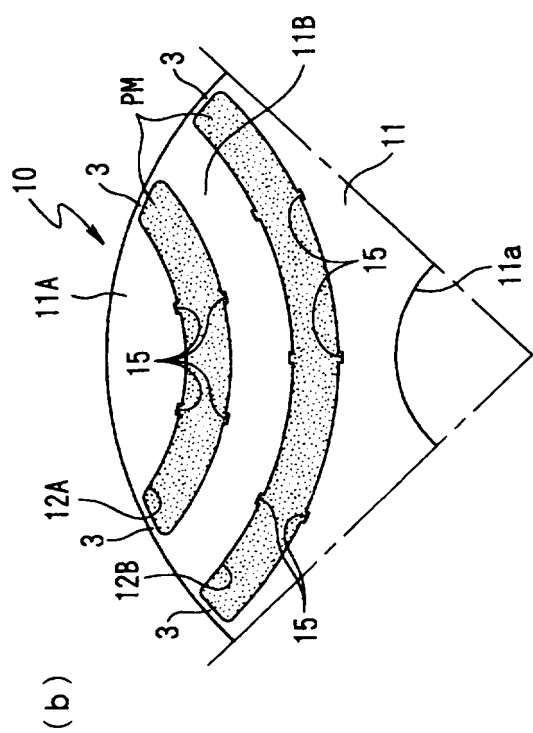
【図 3】



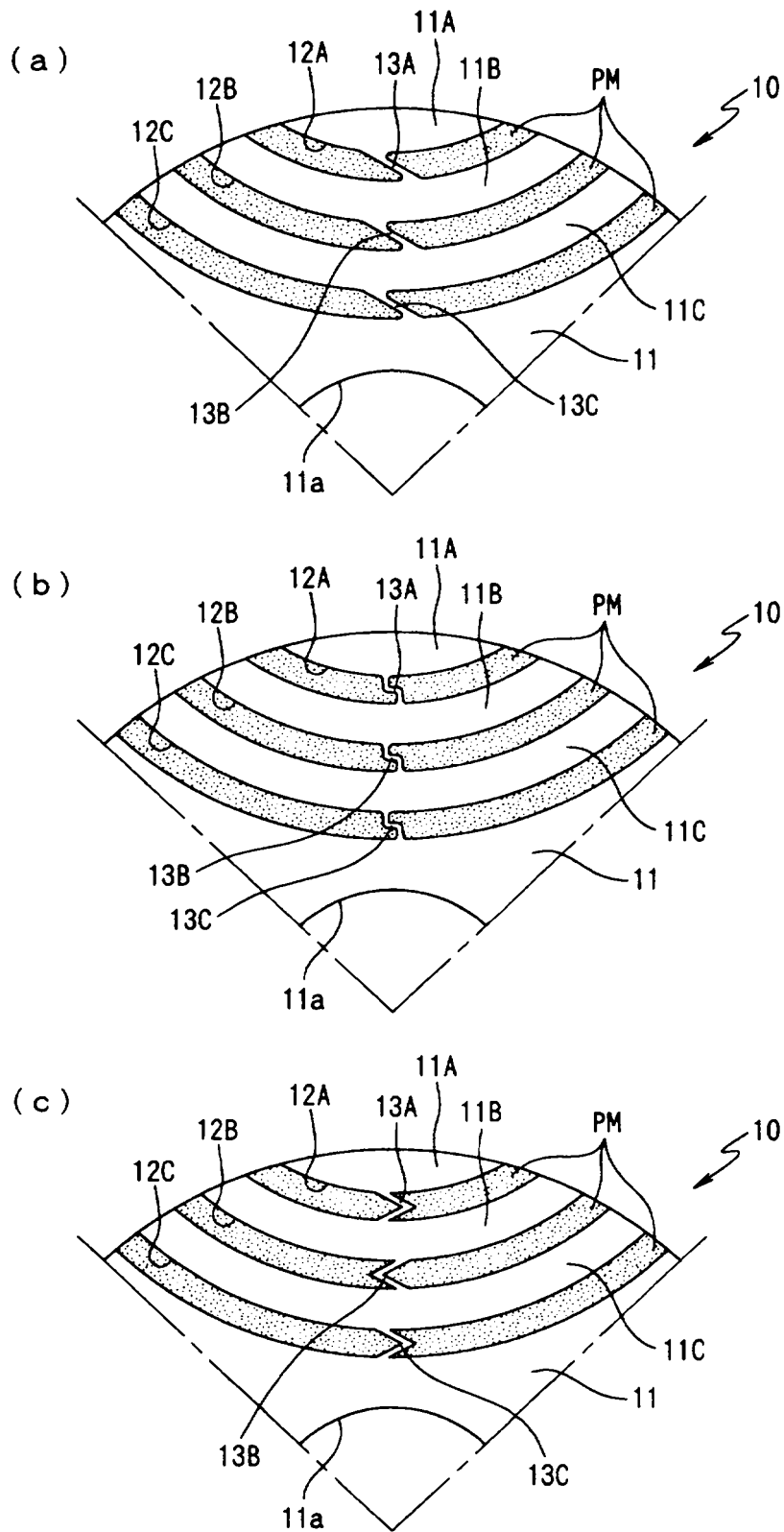
【図 4】



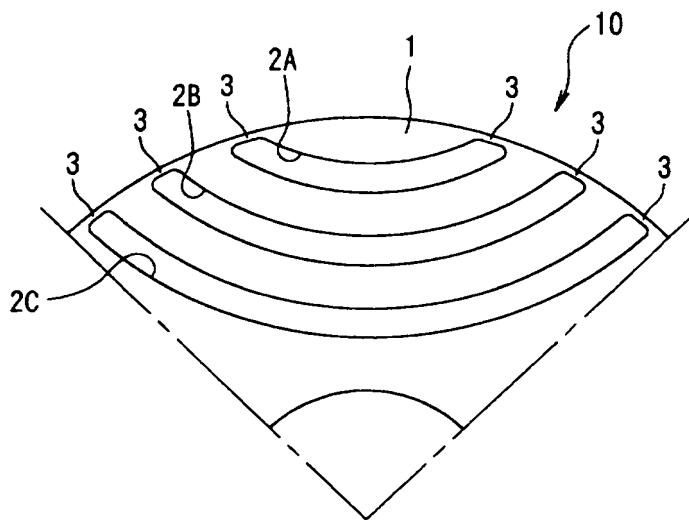
【图 5】



【図 6】

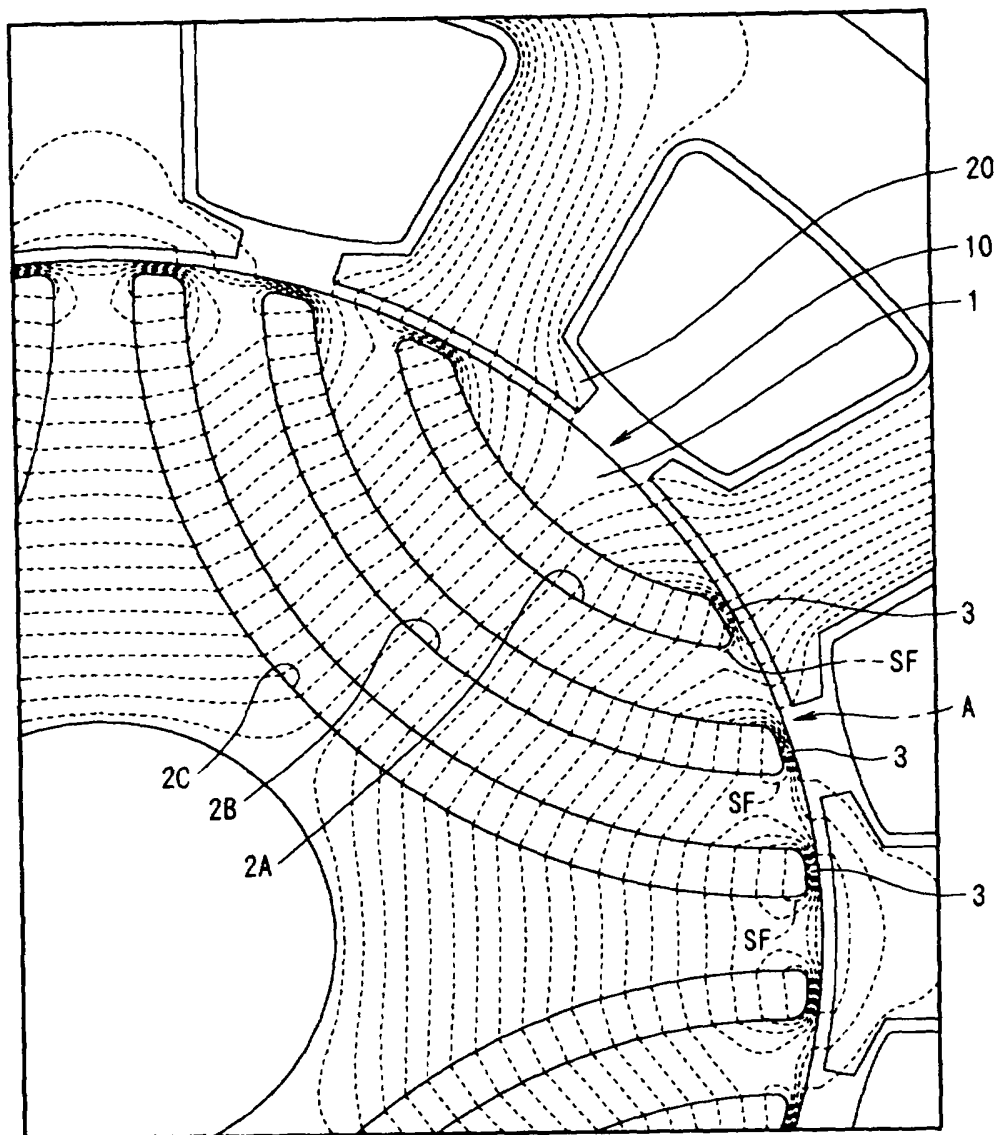


【図 7】

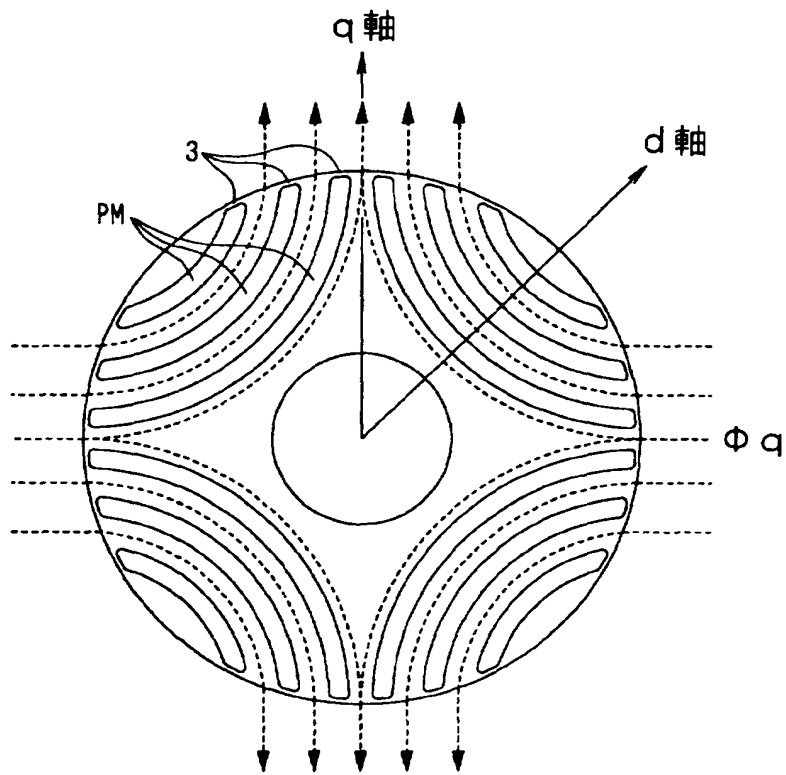




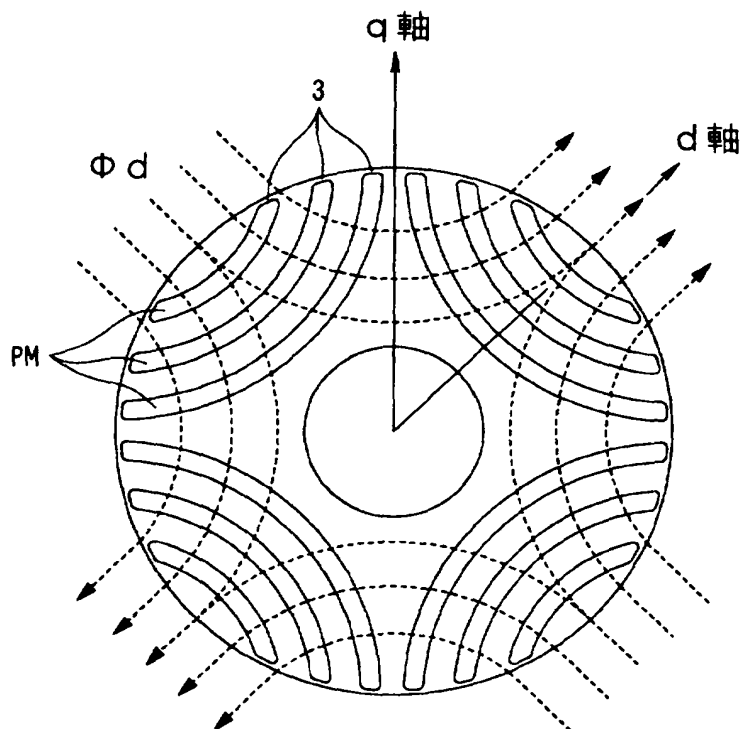
【图 8】



【図 9】



【図 1 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 磁石埋設型の永久磁石回転子においてリラクタンストルクを有効利用し漏れ磁束を低減したい。

【解決手段】 ロータコア 1 1 にスリット部 1 2 A、1 2 B 及び 1 2 C を形成し、各スリット部 1 2 A ～ 1 2 C は、端面形状で長手方向の両端部を、ロータコア 1 1 の外周面にて開口させる。そして、各スリット部 1 2 A ～ 1 2 C の端面形状で長手方向の中央部に、径方向外側部分と径方向内側部分とを連結する幅の狭いブリッジ部 1 3 A、1 3 B 及び 1 3 C を形成する。各スリット部 1 2 A ～ 1 2 C には、スリット部 1 2 A ～ 1 2 C の端面形状で厚さ方向に着磁された永久磁石 PM を埋設する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 1 0 0 7 6 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地  
氏 名 ヤマハ発動機株式会社